

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-030327

(43)Date of publication of application : 02.02.1996

(51)Int.Cl.

G05D 1/02  
 // B25J 13/08  
 G05B 13/02  
 G06F 15/18

(21)Application number : 06-165076

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 18.07.1994

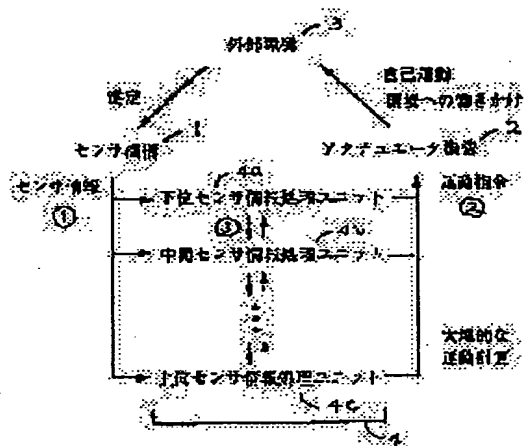
(72)Inventor : KURATSUME AKIRA  
 OSADA SHIGEMI

## (54) ACTIVE ENVIRONMENT RECOGNITION SYSTEM

## (57)Abstract:

PURPOSE: To recognize a complicated environment by improving sensing capability by changing an external environment by generating a moving command to an actuator mechanism corresponding to information from a sensor mechanism for collecting the information of the external environment.

CONSTITUTION: This system is provided with the hierarchical structure of a single or plural sensor mechanisms 1 for collecting the information of an external environment 3, actuator mechanism 2 for changing the external environment 3 and information processing mechanisms 4a-4c for generating the suitable moving command to the actuator mechanism 2 corresponding to the sensor information from the sensor mechanisms 1. Corresponding to the conditions at the sensing time of the external environment 3, the actuator mechanism 2 suitably changes the external environment 3 of itself and any object or the like so that the sensor mechanisms 1 can be sufficiently functioned. In this case, the low-order sensor information processing unit 4a repeats sampling and data processing in a short time, and the high-order sensor information processing unit 4b selects and commands the suitable operation of the entire system at comparatively long processing intervals while considering the final target of the system, etc., as well.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 02.10.2001

[Kind of final disposal of application other than the  
 examiner's decision of rejection or application converted  
 registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

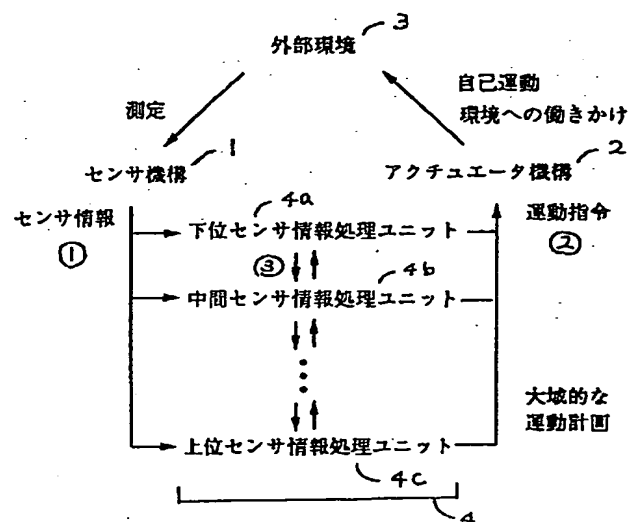
[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
 rejection]

[Date for requesting appeal against examiner's decision of  
 rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】外部環境(3)の情報を収集する単数、或いは複数のセンサ機構(1)と、外部環境(3)を変化させるアクチュエータ機構(2)と、上記センサ機構(1)からのセンサ情報(①)により、上記アクチュエータ機構(2)への運動指令(②)を生成する情報処理機構(4)を備えることを特徴とする能動的環境認識システム。

【請求項2】請求項1に記載の能動的環境認識システムであって、該能動的環境認識システムの上記情報処理機構(4)内に所定の推論機構(40)を備え、上記情報処理機構(4)が、上記センサ機構(1)から獲得した外部環境(3)に関する情報を用いて、上記情報処理機構(4)内の推論機構(40)が、自己運動や、対象物の位置、照明などの外部環境の変更手順を推論、選択し、上記アクチュエータ機構(2)への運動指令(②)を生成することを特徴とする能動的環境認識システム。

【請求項3】請求項1に記載の能動的環境認識システムであって、該能動的環境認識システムの上記情報処理機構(4)に、次の行動を試行錯誤的な手法で決定する試行錯誤的決定機構(42)を備えたことを特徴とする能動的環境認識システム。

【請求項4】請求項1に記載の能動的環境認識システムであって、該能動的環境認識システムの上記情報処理機構(4)内に学習機構(43, 44)を備え、上記情報処理機構(4)内の推論機構(40)や、次の行動を試行錯誤的な手法で決定する試行錯誤的決定機構(42)で実現された自己運動や、外部環境の変更手順を、上記学習装置(43, 44)で学習し、獲得することを特徴とする能動的環境認識システム。

【請求項5】請求項4に記載の学習装置(43, 44)は、ニューラルネットワークであることを特徴とする能動的環境認識システム。

【請求項6】請求項1に記載の能動的環境認識システムであって、上記センサ機構(1)からのセンサ情報に基づいて、上記アクチュエータ機構(2)に対する運動指令を生成する情報処理機構(4)が、上記センサ機構(1)からのセンサ情報に基づいて、直接的な運動指令を生成する情報処理機構(4a)と、上記センサ機構(1)からの情報(①)と、上記直接的な運動指令を生成する情報処理機構(4a)等から得られる情報(③)等を用いて、上記推論機構(40)による所定の推論により、所定の自己運動や、上記外部環境(3)の変更手順を計画して、上記アクチュエータ機構(2)に対する運動指令(②)を生成する情報処理機構(4b, ~)とから構成される階層型情報処理システムであることを特徴とする能動的環境認識システム。

【請求項7】請求項1に記載の能動的環境認識システムであって、上記センサ機構(1)の一つに、ビジョンセン

2

サ(1a)を備え、

上記ビジョンセンサ(1a)から得られる自己、及び外部環境(3)の情報による自己、及び外部環境(3)の環境認識手段(45)として、

オブティカルフローを用いた物体検出手段、色及び濃淡値情報による対象物体の切り出し手段、及び、テンプレートマッチングや、物体像の幾何モデルのマッチングによる対象物の種類、位置、姿勢の認識手段を用いたことを特徴とする能動的環境認識システム。

10 【請求項8】複数台の上記ロボット機構(2a)が協調して、相互の位置の同定を行う群ロボット位置同定システムにおいて、障害物(3a)などにより、他のロボット機構(2a)の認識が困難な場合、自己や他のロボット機構(2a)を移動させたり、障害物(3a)を移動させて、相手のロボット機構(2a)を認識し、位置の同定を行うことを特徴とする能動的環境認識システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

20 【産業上の利用分野】本発明は、各種のセンサを用いてセンサ周囲の外部環境を認識する能動的環境認識システムに関する。

【0002】近年、工場における作業工程の自動化や原子力プラントなどでの保守作業の無人化の要請に伴い、ビジョンセンサや、近接センサなどの各種センサを用いて、ロボット等が自ら周囲の環境を認識し、それに基づいて適切な行動を選択する知能化機械への要求が高まっている。特に、テレビカメラや、レンジファインダなどの光学的ビジョンセンサを用いて外部環境を認識し、適応的に複雑な作業を遂行する視覚を有する知能ロボットは、従来の定型動作を基本とする産業用ロボットに代わる次世代のロボットとして、現在盛んに研究、開発が進められている。

## 【0003】

【従来の技術】図1.3は、従来の環境認識システムを説明する図である。従来の環境認識システムにおける基本的な考え方は、本図に示されているように、各種のセンサ1を用いて、外部環境3のセンシングを行なう環境認識システムにおいて、各センサ1により得られた外部環境3に対する断片的な知識から、情報処理技術や様々な数学的手法を用いて、外部環境をできるだけ正確に再構築しようとするものであった。

40 【0004】例えば、視覚を用いた環境認識の研究においては、テレビカメラ等によりカメラ撮像面上に投影された2次元の画像から、ロボット周囲の3次元環境を認識するために、これまでに、デイビッド・マー(David Marr)の有名な著書「“ビジョン”(Vision), “人間による画像理解と、視覚情報の処理における計算論的手法”, サンフランシスコ, W.H. フリードマン・カンパニー, 1982, {A Computational Investigation into the Human Rep

50

(3)

3

retention and Processing of Visual Information, San Francisco, W.H. Freedman and Company, 1982) に代表される多くの計算論的画像理解の手法が提案されている。例えば、両眼立体視(binocular stereopsis)に代表される、複数画像間の視差から奥行マップを作成する視差からの構造復元(shape from disparity)の分野では、複数画像間の対応領域決定問題に対して、マー(Marr)とポジオ(Poggio)による“人間の立体視における計算理論”, ロンドン・ロイヤルソサイティ・プロセッシング  
10 グ, B, 第207巻, 187頁~217頁, 1978, {“A computational theory of human stereo vision”, Proceedings of the Royal Society of London, B, Vol. 207, pp. 187-217, 1978, 1979} のゼロ交差を用いたアルゴリズムや、領域の特徴に基づく相関演算による手法などが提案されており、これらはオクリュージョン(右目で見えてるものが左目で見られない“かくれ”問題)や、曲面輪郭線の認識などでまだ問題があるものの、一般的なシーンでは比較的精度の良い結果が得られている。

【0005】また、物体表面の陰影から物体の三次元形状を復元する陰影からの復元(shape from shading)では、後に標準正則化理論として体系化された滑らか拘束による緩和法的手法がホーン(Horn)の“陰影からの構造復元”, サイコロジ・コンピュータ・ビジョン, 1975,

{“Shape from shading”, The Psychology of Computer Vision, 1975} や、池内の“陰影からの数学的構造復元と単眼視における遮蔽形状”, AIメモ, 第566番, AIラボラトリ, MIT, 1980, {“Numerical shape from shading and occluding contours in a single view”, AI memo, No. 566, AI Lab, MIT, 1980} によって提案されている。

【0006】さらに、画像の動きからの相対的奥行きを検出する“動きからの構造復元”(shape from motion)に関しては、緩和法によるオプティカルフローの生成として、ホーン(Horn), シャンク(Schuck)による“オプティカルフローの決定”, 人工知能, 第17巻, 185頁~203頁, 1981, {“Determining optical flow”, Artificial Intelligence, Vol. 17, pp. 185-203, 1981} や、カンパニ(Campani), アレスサンドロ(Alessandro)の“1次生成されたオプティカルフローからの動的解析”, CVGIP, 第56巻, 第1番, 1992年7月, {“Motion Analysis from First-Order Properties of Optical Flow”, CVGIP, Vol. 56, No. 1, July 1992} による、最小二乗法を利用した方法などが提案されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】然しながら、上述のように従来の環境認識システムに対する研究は、与えられた環境を決められたセンサ1の能力で、いかに正確に外部環境3を再構築するかに研究の主眼が置かれていた。このため、現在までに提案された様々な手法を用いても、外部環境3があまりにも複雑な場合や、センサ1自体の能力が低い場合、あるいは、センサ1の能力が十分

4

に機能しないような劣悪な環境においては、正確な外部環境3の再構築が困難な場合が多く、実環境で動作する実用的な環境認識システムは、これまでにほとんど実現されていないのが現状であった。

【0008】コンピュータビジョンの例で見ると、過去35年間、「2次元視覚からの3次元世界の再構築」という枠組の中で、上述したような多くの重要な手法が提案されたにもかかわらず、視覚がロボットの運動制御に実時間、実環境で適用された例は、これまでにほとんど報告されていない。これは、実際の環境があまりにも複雑で変化に富んでいるため、これまでに開発された様々なコンピュータビジョンの手法、環境の記述法、高性能な視覚センサ、あるいは高速な計算機を用いても、外部環境3を実時間で完全に復元することが困難であったためである。

【0009】本発明は上記従来の欠点に鑑み、実環境で動作する実用的な環境認識システム、および、知能ロボットの実現を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】図1~図3は、本発明の原理説明図であり、図1は、全体構成の例を示し、図2は情報処理ユニットの概念を示し、図3は、該情報処理ユニットの内部構成の例を示している。本発明における能動的環境認識システムは、複雑で多様な外部環境3や自己のセンシング能力を、そのままの形で用いるのではなく、センシング時の状況に応じて、センサ1自身の位置や対象物の位置姿勢、照明条件、又、場合によっては障害物の除去など、ロボット等によるアクチュエータ機構2により、自己および外部環境3を積極的に変化させることにより、従来技術では困難であった複雑な環境の認識を可能にするものである。

【0011】即ち、センサ系1と外部環境3との相互作用を、積極的に、認識過程に利用することにより、センシング能力の向上を図った能動的センシングシステムである。これまでもアクティブビジョンシステムなど、センサ1側の状態を変化させてセンシング能力を向上させる研究は行なわれていたが、対象物の移動や障害物の除去など、認識対象である外部環境3そのものも変化させて、センシング能力の向上を図ろうとする考え方は、従来の環境認識システムの枠組には無い新たな概念である。

【0012】このような外部環境3との相互作用を、積極的に利用した環境認識システムは、環境変化に適切に対応するための処理の時間的制約や、環境の複雑性に対応できる柔軟性が必須であることなどから、本発明では、その基本構成として、以下のような階層型センサ情報処理システムを用いる。

【0013】これは、図1に示されているように、1) 各センサ1から直接得られる情報レベルの環境情報①から、反射行動などの、人間でいえば、脊髄反射、あるいは

50

(4)

5

は“無意識の”行動などの、該行動の結果等を考えない直接的なアクチュエータ機構2への運動指令②を生成する下位層センサ情報処理ユニット4aと、

2) 各センサ1および上位層センサ情報処理ユニット4c、下位層センサ情報処理ユニット4aにより得られる情報③、および記号レベルの環境情報(例えば、キーボードといった複雑な物体を表現するのに、キーと、該キーが配置されている部分と、該キーが配置されている複数の部分からなる筐体といった階層構造の物体を、所定の記号で表現する環境情報)を用い、抽象度の低い論理的推論、例えば、他の物体を隠しているものを認識して取り除くなどにより、局所的な自己運動や外部環境3の変化手順を計画し、アクチュエータ機構2への運動指令②を生成する中間層センサ情報処理ユニット4bと、

3) 各センサ1、および、下位層センサ情報処理ユニット4aにより得られる情報③、および、上記記号レベルの環境情報を用い、公知のベイズ推論(要約すると、外部環境3を複数個の要因が相互に交わっているものとして記述し、これらの要因の一つを取り出し、所定の動作、例えば、ある方向に動かす、見る、或いは、触る等の動作をさせて、他の要因がどのように変化し、外部環境3がどうなるかを推論し、最も適切な動かし方を決定する推論機構である)などの抽象度の高い論理的推論機構を用いて、能動的環境認識システムの最終的な目標やセンサ機構1が十分に機能するための大局的な自己運動、外部環境3の変化手順を推論、選択し、アクチュエータ機構2への運動指令②を生成する上位層センサ情報処理ユニット4c、という機能の異なるいくつかのセンサ情報処理ユニット4a,4b,4cを、図1に示されているように、階層的に積み重ねることにより実現されるものである。

【0014】このうち、上記1)項で説明した下位層センサ情報処理ユニット4aは、短時間でサンプリング(データを取る)・データ処理を繰り返し、接触・衝突などのアクチュエータ2・環境間の基本的な相互作用を監視、制御するものである。

【0015】また、上記3)項で説明した上位層センサ情報処理ユニット4cは、比較的長い処理間隔で物体把持等のシステムの最終的な目標や、センシングや環境変化の効率等も考慮に入れたシステム全体の適切な運動を選択、指令する。

【0016】また、これらの階層間には、認識した外部環境3に関する情報③をやりとりし、それらを融合して、全体的な整合性の高い推論を行なう機構40が備えられている。例えば、ロボットのハンドがコップに接触した場合、上記中間層センサ情報処理ユニット4bは、“何らかの物体に接触した”という下位層センサ情報処理ユニット4aからの情報と、“ここにはコップが存在するはずである”という上位層センサ情報処理ユニット4cからの情報を受けとり、自分自身で推論した”そこ

6

には何もない”や、“これは瓶である”という情報を訂正する。

【0017】さらに各層は、例えば、本発明による能動的環境認識システムが、外部環境3に関する情報①、③を十分に獲得していない場合など、前述のベイズ推論等の推論装置40では、適切な自己運動や外部環境3の変化手順を選択できない環境においては、例えば、乱数等を用いた試行錯誤的な手法42で次の行動を決定することにより、デッドロックに陥ることを回避する機構を有する。

【0018】即ち、例えば、上位層では外部環境3が全く認識できなかった場合、上位層は下位層に、“センサの位置や環境内の物体を適当に移動せよ”や、“照明条件を変化せよ”等の自己運動や外部環境3を変化させる運動指令②を送り、試行錯誤的に認識しやすい環境を作りだそうというものである。

【0019】又、各層には、センサ情報①に基づく環境認識、および、推論手法40や試行錯誤的な手法42で実現された自己運動、環境変化手順を、ニューラルネットワーク等の学習、獲得する機構(学習機構)が存在する。

【0020】この学習機構には、環境認識機構45を含み、センサ情報①から直接的に運動指令②を生成する学習機構44と、従来の環境認識機構45を利用してセンサ情報①から環境情報を抽出し、それを基に運動指令②を生成する学習機構43が考えられる。

【0021】一般に、環境認識機構を含む学習機構44は、反射行動など低レベルの運動指令①を高速で生成することができ、環境認識機構45を含まない学習機構43は、該環境認識機構45による環境認識に時間がかかるが、認識された複雑な環境情報に基づいて、より長い時間間隔で定型的な随意運動など高レベルの運動指令②を生成することができる。

【0022】これらの学習機構43,44により、推論コストの低減や、ロバスト性(耐擾乱性)の向上など、システム性能の向上が図られる。

【0023】

【作用】従って、従来の環境認識システムでは、正確な認識が困難であった複雑な外部環境3に対しても、本環境認識システムでは、与えられたセンサ能力での認識が可能になるように自己や、外部環境3を積極的に変化させるため、実環境で動作する実用的な環境認識システムが構築できる。

【0024】一例として、視覚による環境認識システムにおいて、対象物の一部が他の物体に隠されている状況を考える。前記のマー(Marr)に代表される、これまでのロボットビジョン研究の枠組は、これらの物体を、空間内のある一点から眺めて、様々なコンピュータビジョンの手法により、認識された物体一つ一つに対して物体識別や位置姿勢の推定などを行ない、視野内の三次元環境

(5)

7

をできるだけ完全に再構築しようと試みるものである。

【0025】そのため、隠蔽状態が非常に複雑な場合や、照明条件が劣悪な場合などでは、従来のコンピュータビジョンの技法では、対象物を認識することができない状況も考えられる。

【0026】一方、本発明の基本的な考え方は、もしある点から見ただけでは物体を認識することができなければ、もっと良く見える位置に視点を移動したり、複雑に隠蔽されて認識が困難な物体は、障害物を隠蔽しない場所に移動させる、あるいは照明条件を適切に変更するなど、積極的に自己および外部環境 3 を変化させることにより、上記センサ 1 等の視覚系が機能しやすい環境を自ら作りだそうというものである。

【0027】従って、従来の視覚認識システムや移動ロボットシステムでは、センサ能力や環境の複雑性により目標達成が困難な場合でも、積極的に環境を整理することにより、最終的に外部環境 3 を認識し、目標達成を可能にするセンサ情報処理システムが実現でき、係る環境認識システムの性能向上に寄与するところが大きいという効果が得られる。

【0028】

【実施例】以下本発明の実施例を図面によって詳述する。前述の図 1～図 3 は、本発明の原理説明図であり、図 4～図 7 は、本発明の一実施例を示した図であって、図 4 は、テレビカメラによる物体認識、把持システムの概略を示し、図 5～図 7 は、階層型センサ情報処理システムの構成例を示し、図 8～図 12 は、本発明の他の実施例を示した図であって、図 8 は、群移動ロボットシステムのイメージを示し、図 9 は、群移動ロボットの群移動方法の例を示し、図 10 は、障害物の例を示し、図 11 は、群移動ロボットでの障害物を移動する処理の流れ図を示し、図 12 は、群移動ロボットでの障害物を移動する処理を具体例で示している。

【0029】本発明においては、外部環境 3 の情報を収集する単数、或いは複数のセンサ機構 1 と、外部環境 3 を変化させるアクチュエータ機構 2 と、上記センサ機構 1 からのセンサ情報①により、上記アクチュエータ機構 2 への適切な運動指令②を生成する情報処理機構 4a～4c とを階層構造で備え、上記外部環境 3 のセンシング時の状況に応じて、上記アクチュエータ機構 2 が、上記センサ機構 1 が十分に機能するように、自己、及び、対象物等の外部環境 3 を適切に変化させる手段が、本発明を実施するのに必要な手段である。尚、全図を通して同じ符号は同じ対象物を示している。

【0030】以下、図 1～図 3 を参照しながら、図 4～図 7、及び、図 8～図 12 に示した実施例により、本発明の能動的環境認識システムの構成と動作を説明する。本発明の一実施例においては、図 4～図 7 で、テレビカメラによる物体認識、把持システムの例にし、他の実施例では、図 8～図 12 で、群移動ロボットシステムを例

8

にする。

【0031】先ず、図 4 に示した、テレビカメラによる物体認識、把持システムを例にして、本発明の能動的環境認識システムを説明する。本システムは、6 軸垂直多関節型ロボットとコントローラ、ロボットハンドに取り付けられたテレビカメラ、力センサ、触覚センサ、近接センサ、および、画像処理演算と階層型情報処理システムを実現するためのコンピュータからなる。

【0032】テレビカメラ 1a から得られる環境情報としては、例えば、次式の拘束条件式により計算される画像平面上での物体像の動き  $(u_i, v_i)$  がある。

$$I_{xi}u_i + I_{yi}v_i + I_{ti} = 0$$

ただし、 $I_{xi}$ 、 $I_{yi}$ 、 $I_{ti}$  は、それぞれ、画面上の点  $i$  ( $x_i, y_i$ ) における画素濃淡値  $I_i$  の  $x$ 、 $y$  方向、および時間  $t$  に関する変化分である。この  $(u_i, v_i)$  は、一般に、オプティカルフローと呼ばれるものであり、これと内界センサにより測定されるロボットハンドの速度から、画面内の物体までの距離や物体の移動速度が計算され、ハンドに衝突する可能性のある物体を高速に検出することができる。

【0033】又、この他にも色および濃淡値情報により切り出された物体像の情報、テンプレートマッチングや、幾何モデル（所謂、CAD モデル）とのマッチングにより同定された注視物体の種類、位置、姿勢の情報などが、それぞれテレビカメラ 1a から得られる環境情報①として各層に入力される。

【0034】一方、テレビカメラ 1a 以外のセンサ情報としては、力センサ 1b から得られるロボットハンドへの作用力、触覚センサ 1c による環境との接触状態、近接センサ 1d による環境との相対距離情報などがある。

【0035】次に、図 4 の階層型センサ情報処理システムの詳細例を、図 5～図 7 によって説明する。図 5 に示した下位層センサ情報処理ユニット 4a は、図示されているように、上記テレビカメラ 1a から得られたオプティカルフローと近接センサ 1d により、外部環境 3 との衝突回避や接触等を高速に制御するとともに、力センサ 1b、触覚センサ 1c の出力を用いてインピーダンス制御系（滑らかに撫でる、触るといった動作をする制御系）を構成し、ハンドと外部環境 3 の基本的な相互作用を制御する。

【0036】次の図 6 の中間層センサ情報処理ユニット 4b は、色・濃淡値による物体の切り出し、テンプレートマッチング、および物体像とシステムの有する幾何モデルとのマッチングにより、注視物体の種類、位置、姿勢を同定し、その物体を把持するための局所的な作業計画を立案する。ただし、この作業計画には、例えば、予想される把持点が物体の裏側にある場合には、物体を押し倒して把持点を近付ける、あるいは、物体が同定不可能であると判断された場合には、乱数等により、試行錯誤的に物体の位置、姿勢を変化させたり、遮蔽している

(6)

9

障害物を移動するなどの、外部環境 3 との相互作用を積極的に利用する行動も含まれる。

【0037】又、図7に示した上位層センサ情報処理ユニット 4c では、下位層センサ情報処理ユニット 4a で得られた環境情報 (どの物体がどの位置に置かれていたか等) ①や、センサ情報①から得られる視野全体の色・濃淡値画像をもとに、所定の推論機構 40 等により、あらかじめシステムの有する物体間の位置関係等から、目標となる把持対象物の位置 (作業目標) や、そこへ効率良く移動するためには、注視物体を含めて、どの障害物 10 を移動させるべきか (作業効率) 等を考慮 (推論、予測) した、大局的な作業計画を作成する。

【0038】この大局的な作業計画の作成は、環境情報①がある程度獲得された後に、最下層の衝突回避ユニット等よりも比較的長い時間間隔で行なわれる。また、も現在の環境が複雑で認識不可能であると判断された場合には、環境を整理するために下位ユニット (中間層、下位層センサ情報処理ユニット 4b, 4a 等) に把持可能な物体の移動を指示するなどして、認識可能な環境を自ら作り出そうと試みる。

【0039】次に、図8～図12によつて、本発明を利用した群移動ロボットシステムでの環境認識の例を説明する。本システムは、図8に示したように、マニピュレータと、テレビカメラや距離センサなどの各種センサ1を搭載した複数台のロボット2a からなり、それぞれのロボット 2a は自由に屋外環境を移動し、環境地図の作成や各種作業を行なうことができる。

【0040】本システムでは、各ロボット 2a が今どこにいるか、あるいはどのように移動するかを判断する際に、各ロボット 2a に搭載されたセンサからの情報①の他に、自分以外のロボット 2a や環境内の特定の物体を

【0041】本システムの移動方法の一例を図9に示す。例えば、ロボット (3) 2a が移動したとすると、ロボット (1) 2a から見た、他のロボット (2), (3) 2a の位置を、基準位置からの相対角度  $\theta_1, \phi_1$  を計測して認識し、ロボット (2) 2a は、他のロボット (1), (3) 2a の位置を基準位置からの相対角度  $\theta_2, \phi_2$  を計測して認識した後、相互の位置情報を交換して、例えば、ロボット (1) 2a は、ロボット (3) の位置を推定して、自己の移動方向を知る。

【0042】又、上記複数個のロボット (1), (2) 2a の間に、障害物 3a が存在している、ロボット (1) 2a から他のロボット (2) 2a の位置が認識できない場合、本発明による環境整理、具体的には、上記障害物 3a の移動等は、次のようにして実現される。

【0043】すなわち、本システムでは、図10のように目印が観測できない時など、自己位置の同定や移動戦略の決定が困難な場合には、図11、図12に示すよう

に、従来のようにロボット自身を移動させるだけでなく、他のロボットへ移動を指令したり、障害物を移動すなど、積極的に環境を整理することにより、問題の解決を試みる。

【0044】即ち、図11は、群移動ロボットシステムにおいて、他のロボット 2a を認識する場合の動作例を流れ図で示したものである。先ず、図12(a)に示されているように自己が移動する。【図11の処理ステップ 100参照】

目標である他のロボット 2a を探し、他のロボットが認識できなかったとき、図12(b)に示したように、他のロボット 2a を動かしてみる。【図11の処理ステップ 101, 102, 104参照】

このようにして、他のロボット 2a が認識できたとき、自己の位置を同定する。【図11の処理ステップ 102, 104, 101, 102, 106参照】

上記の処理ステップ 102において、他のロボット 2a が認識できなかったとき、図12(c)に示したように、障害物 3a を動かすことを試みる。【図11の処理ステップ 102, 105参照】

自己の位置の同定ができたとき、目的地に到達したか否かを調べて、目的地でないとき、処理ステップ 100に戻って、同じ動作を繰り返す。【図10の処理ステップ 107, 100参照】

又、本システムには、上位、下位の2層からなる階層型センサ情報処理ユニット 4a, 4c (図5～図7参照) を有する。下位層センサ情報処理ユニット 4a は、障害物 3a の認識や、他のロボット 2a や、環境内の目印の観測など、ロボット 2a の自律行動に必要な基本的な機能を制御する。

【0045】又、上位層センサ情報処理ユニット 2c は、障害物 3a の移動や他のロボット 2a への運動指令②の生成など、目標達成のための大局的な指令を生成する。このように、本システムを用いると、対象物が障害物 3a に隠れている場合など、環境が複雑で従来の画像処理システムでは、正確な認識が困難な場合でも、障害物 3a を除去するなど自ら環境を整えることにより、最終的に認識作業を遂行することが可能となる。

【0046】このように、本発明による能動的環境認識システムにおいては、外部環境 3 の正確な認識が困難な場合、自己や環境を状況に応じて適宜に変化させる機会、外部環境の正確な認識が可能な場合、センサ情報から外部環境 3 を再構築し、高度な作業計画を作成する機能、そして、もし外部環境 3 が複雑で正確な認識が困難である場合には、認識システムは、まず、下位層センサ情報処理ユニット 4a を働かせて環境を整理しようと試み、外部環境 3 がある程度整理され、上位層センサ処理ユニット 4b、～が利用可能となった状態で、より正確な環境認識のための作業計画を作成し、高度な認識作業を行つたものである。



(7)

11

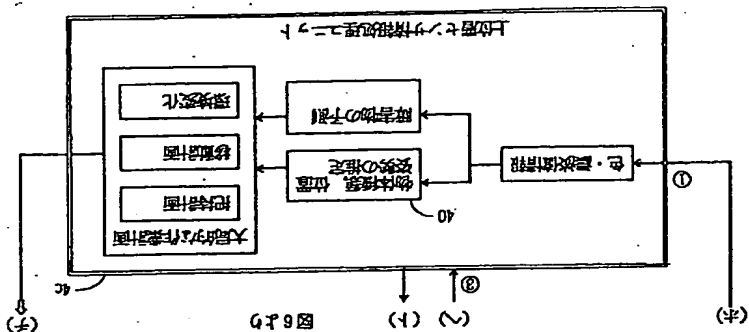
【0047】即ち、この下位層センサ情報処理ユニット4aは、人間でいえば、脊髓反射、あるいは“無意識の”行動であり、上位層センサ情報処理ユニット4b、知識や経験を基にした“意識下の”行動である。

【0048】従って、認識したい対象物像が十分に鮮明で、かつ対象物が周囲環境と孤立しているような場合、即ち、従来の画像処理手法でも対象物を認識できる場合には、上位層センサ情報処理システム4b、～を用いて対象物を識別し、さらに、対象物の位置、姿勢等がより正確に認識できるようにセンサ1の位置を変更する。また物体が、障害物3aに隠れている場合など、環境が複雑で従来の画像処理手法では認識が困難な場合には、まず、下位層センサ情報処理ユニット4aを用いて障害物3aに接近し、対象物を遮蔽している障害物3aを適当に掴んで移動させたり、あるいは、認識したい物体そのものを障害物3aの無い場所へ移動させたりして、よりセンサ系が機能しやすいように外部環境3を整理し、その後、上位層センサ情報処理ユニット4b、～を用いて対象物を認識することができる。

【0049】  
【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、従来の視覚認識システムや移動ロボットシステムでは、従来の視覚認識システムや移動ロボットシステムでは、センサ能力や、環境の複雑性により目標達成が困難な場合でも、積極的に環境を整理することにより、最終的に外部環境を認識し、目標達成を可能にするセン

【図7】

本発明の一実施例を示した図（その4）



【図10】

本発明の他の実施例を示した図（その3）

1	センサ機構	2	アラーム
3	外部環境	4	センサ情報処理ユニット
4a	下位層センサ情報処理ユニット	4b	中間層センサ情報処理ユニット
4c	上位層センサ情報処理ユニット	2a	ロボット
40	推論機構	41	切り替え
42	試行錯誤的決定機構	43, 44	学習機構
45	環境認識機構	100 ~ 107	処理ステップ
①	センサ情報	②	運動指令
③	下位層センサ情報処理ユニットからの情報		

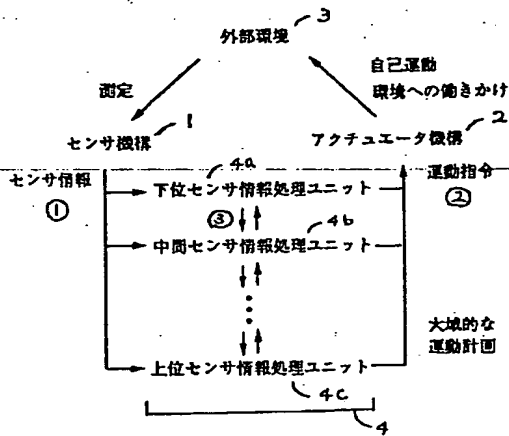
【符号の説明】

- 【図1】本発明の原理説明図（その1）
- 【図2】本発明の原理説明図（その2）
- 【図3】本発明の原理説明図（その3）
- 【図4】本発明の一実施例を示した図（その1）
- 【図5】本発明の一実施例を示した図（その2）
- 【図6】本発明の一実施例を示した図（その3）
- 【図7】本発明の一実施例を示した図（その4）
- 【図8】本発明の他の実施例を示した図（その1）
- 【図9】本発明の他の実施例を示した図（その2）
- 【図10】本発明の他の実施例を示した図（その3）
- 【図11】本発明の他の実施例を示した図（その4）
- 【図12】本発明の他の実施例を示した図（その5）
- 【図13】従来の環境認識システムを説明する図

(8)

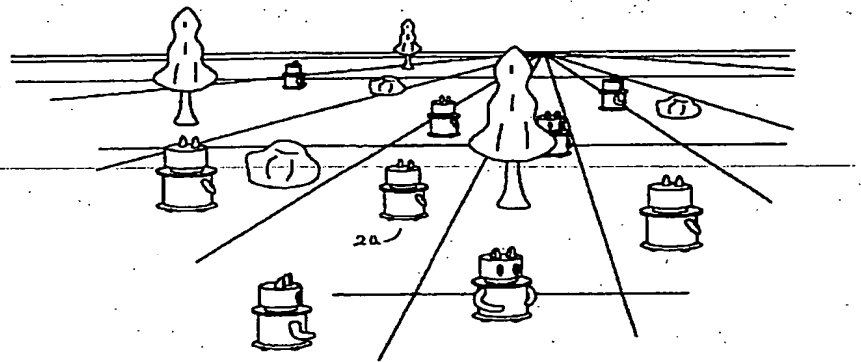
【図1】

本発明の原理説明図（その1）



【図8】

本発明の他の実施例を示した図（その1）

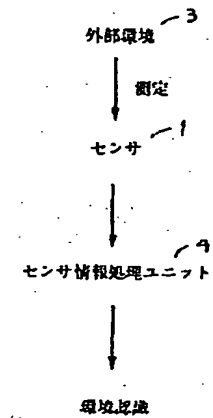
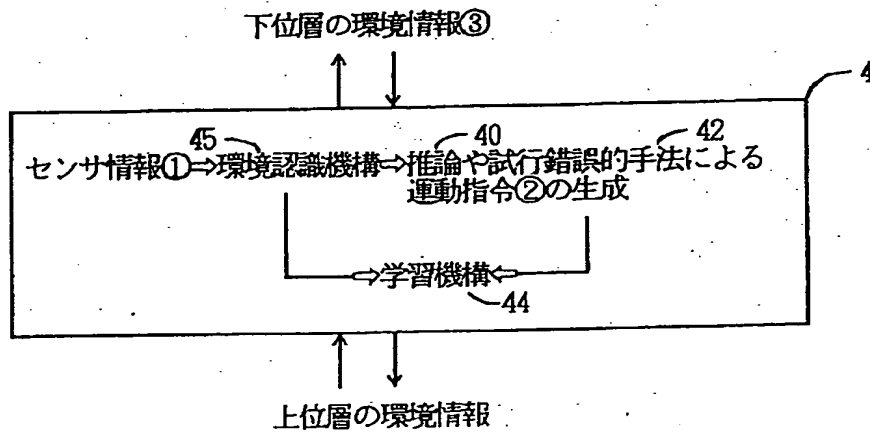


【図13】

従来の環境認識システムを説明する図

【図2】

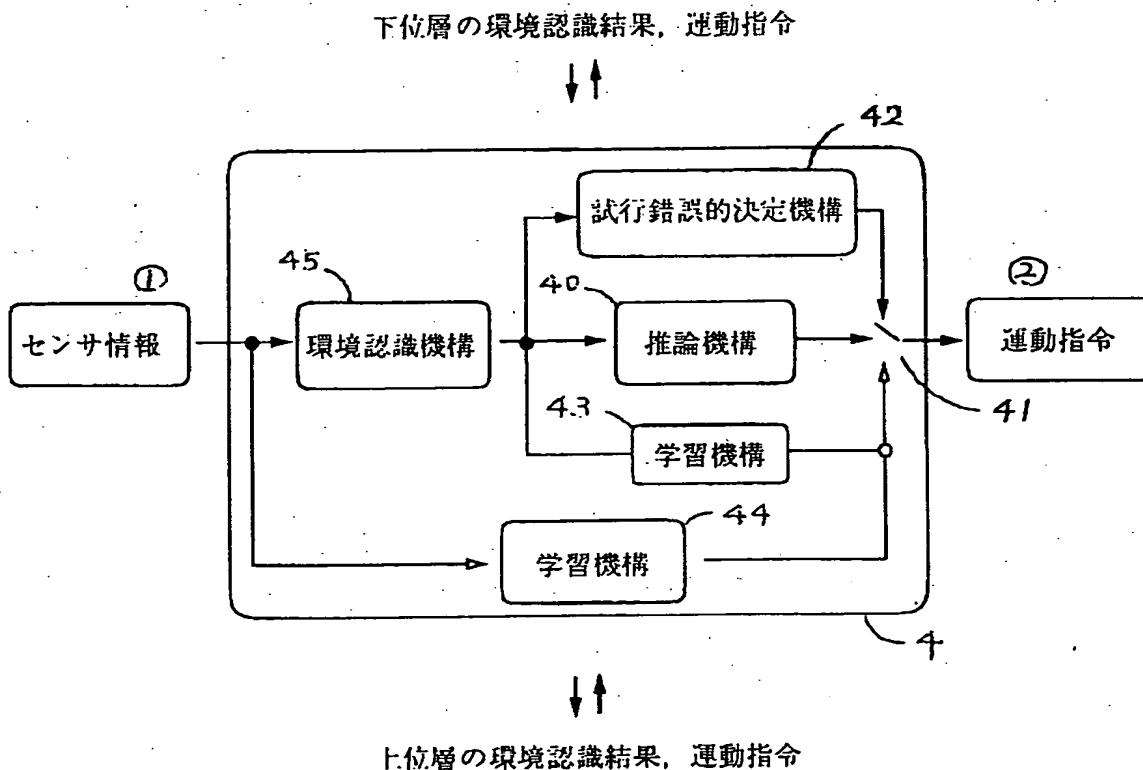
本発明の原理説明図（その2）



(9)

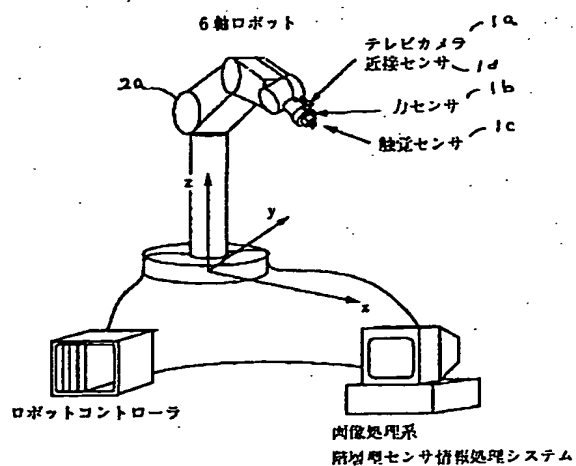
【図3】

本発明の原理説明図（その3）



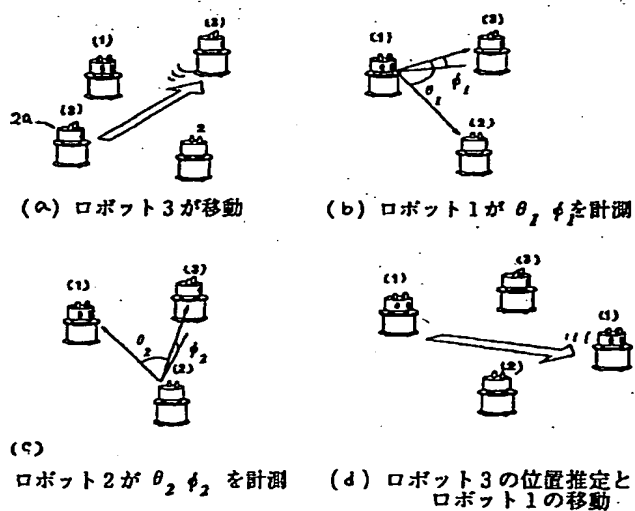
【図4】

本発明の一実施例を示した図（その1）

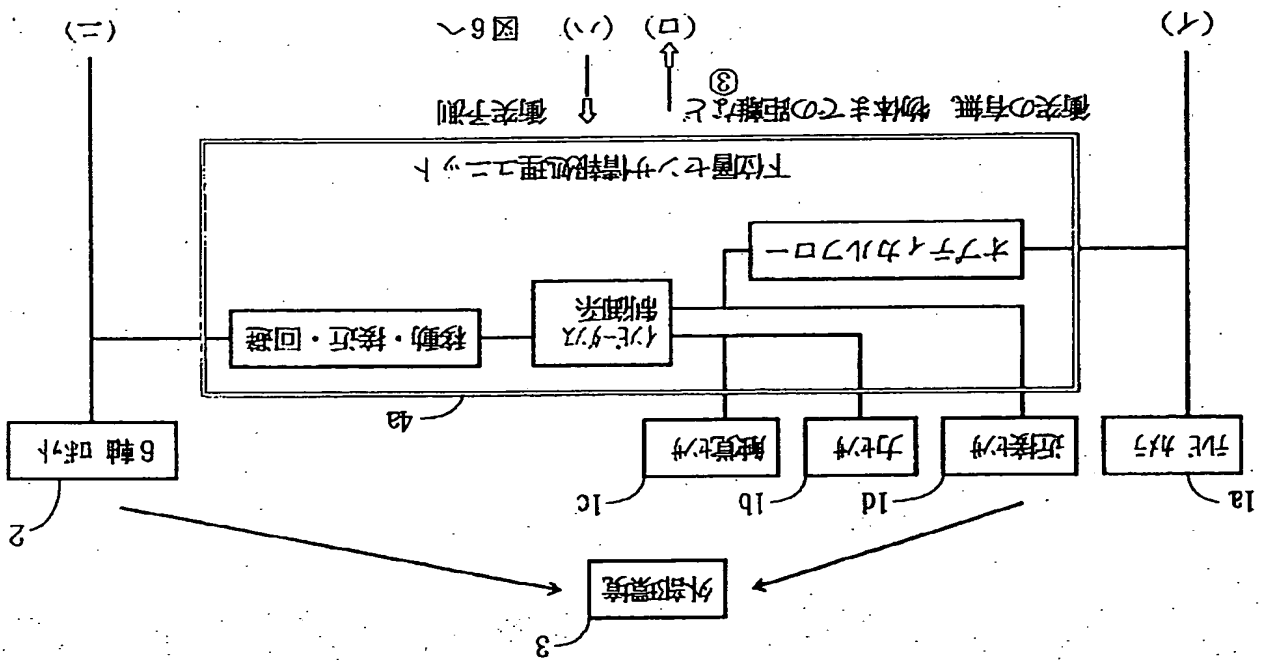


【図9】

本発明の他の実施例を示した図（その2）

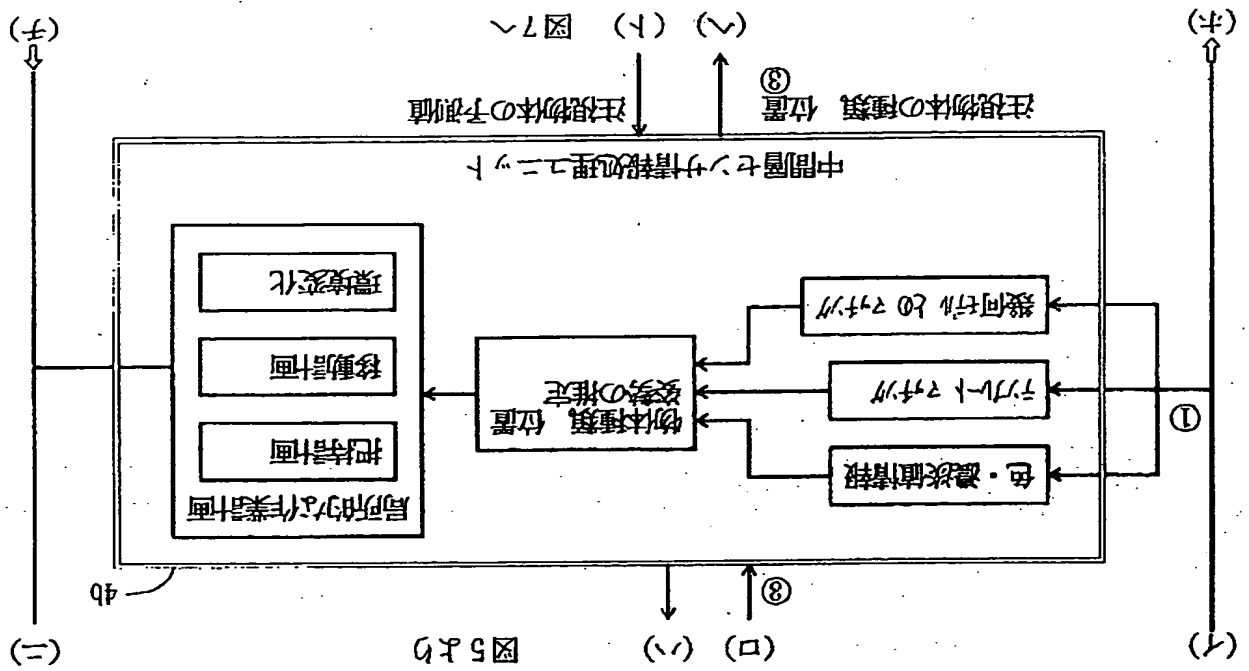


本発明の一実施例を示した図(その2)



【 9 ☒ 】

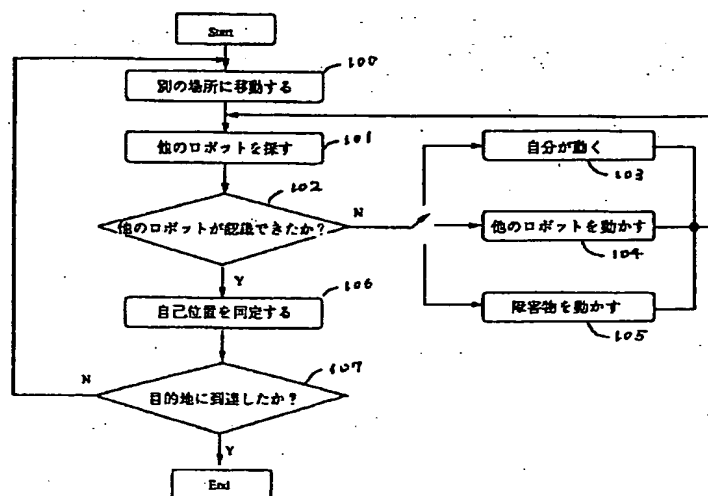
本発明の一実施例を示した図（その３）



(11)

【図11】

本発明の他の実施例を示した図(その4)



【図12】

本発明の他の実施例を示した図(その5)

